

学校编码: 10384

密级 _____

学号: 22620071152344

廈門大學

碩 士 學 位 論 文

竹林河岸系统对面源污染的削减和净化研究

Research on Bamboo Riparian Buffer Ecosystems for
Diffuse Pollution Prevention

方 婧

指导教师姓名: 曹 文 志 教授

专 业 名 称: 环 境 管 理

论文提交日期: 2010 年 5 月

论文答辩日期: 2010 年 6 月

2010 年 6 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

目 录

摘要.....	i
Abstract.....	iii
1 选题背景及意义	1
2 国内外研究进展	3
2.1 河岸植被系统的介绍	3
2.1.1 河岸带定义.....	3
2.1.2 河岸植被系统的结构特征	3
2.1.3 河岸植被系统的功能.....	5
2.2 系统对氮磷污染物的削减机制.....	5
2.2.1 氮素的削减.....	6
2.2.2 磷的净化	7
2.3 影响物质迁移转化的因素	8
2.3.1 污染物负荷.....	8
2.3.2 系统宽度与坡度	8
2.3.3 群落结构	9
2.3.4 水文条件	10
2.3.5 土壤条件	11
2.4 河岸植被系统重建与管理	11
3 研究目标、内容与技术路线.....	13
3.1 研究目标.....	13
3.2 研究内容	13
3.3 研究的技术路线	14
4 研究区概况.....	16
4.1 自然概况	16

4.2 社会经济概况	17
5 实验方案设计	18
5.1 土壤各层次渗漏透水监测方案	18
5.1.1 样地选取	18
5.1.2 样品采集	20
5.1.3 样品的分析测定	21
5.2 土壤反硝化强度实验方案	21
5.2.1 样地选取	21
5.2.2 样品采集和测定	22
5.2.3 计算方法	24
5.3 土壤氮矿化强度实验方案	24
5.3.1 样地选取	24
5.3.2 样品采集和测定	25
5.3.3 计算方法	26
5.4 土壤理化性质测定方案	26
6 降雨期间系统土壤剖面的渗透过程	28
6.1 供试土壤及灌溉污水的理化性质	28
6.1.1 土壤无机氮	28
6.1.2 土壤有效磷	29
6.1.3 土壤含水量	29
6.1.4 土壤有机质	29
6.1.5 土壤的 pH 值	30
6.1.6 灌溉污水中的污染物	30
6.2 系统的水文过程	31
6.2.1 自然降雨与穿透雨雨量	31
6.2.2 自然降雨与穿透雨中的氮磷含量	33
6.2.3 小结	38
6.3 系统土壤剖面各层次渗透过程	38

6.3.1 土壤剖面各层次水分下渗开始时间	38
6.3.2 系统的水量平衡	39
6.3.3 系统的氮磷平衡	43
6.3.4 系统对氮磷的消纳负荷	51
6.3.5 河岸竹林植被系统的特性与优势	51
6.3.6 小结	52
7 系统土壤氮素矿化与反硝化作用	53
7.1 系统氮矿化作用	53
7.1.1 实验样方的土壤理化性质	53
7.1.2 氨化作用、硝化作用与净矿化作用	54
7.1.3 国内其他地区氮矿化强度对比	56
7.1.4 小结	57
7.2 系统反硝化作用	58
7.2.1 系统反硝化作用强度	58
7.2.2 反硝化作用与氮矿化作用的关系及其影响因素	61
7.2.3 系统反硝化作用的意义	62
7.2.4 小结	63
8 农业系统氮磷流失综合分析与河岸植被系统的适宜宽度估算	64
8.1 我国农业系统 N、P 流失的综合分析	64
8.1.1 中国农业系统 N、P 流失的统计特征	64
8.1.2 N 和 P 流失的空间特征	65
8.1.3 降雨量影响	66
8.1.4 施肥量影响	67
8.1.5 农业系统 N、P 流失时间动态	68
8.1.6 小结	69
8.2 系统的适宜宽度估算	69
9 总结	71

9.1 主要结论	71
9.2 创新点	72
9.3 不足与展望	72
参考文献	73
硕士期间主要科研成果	82
致谢	83

厦门大学博硕士

CONTENTS

Abstract in Chinese.....	i
Abstract.....	iii
1 Background	1
2 Research progress.....	3
2.1 Riparian ecosystems introduction	3
2.1.1 Definition	3
2.1.2 Structural feature of riparian ecosystems.....	3
2.1.3 Functions of riparian ecosystems.....	5
2.2 Reduction mechanism	5
2.2.1 Nitrogen reduction	6
2.2.2 Phosphorus reduction.....	7
2.3 Factors of transport and transform	8
2.3.1 Pollutant load	8
2.3.2 Width and gradient.....	8
2.3.3 Community structure	9
2.3.4 Hydrology	10
2.3.5 Soil condition.....	11
2.4 Reconstruction and management	11
3 Objectives contents and approach	13
3.1 Objectives.....	13
3.2 Contents.....	13
3.3 Approach	14
4 Introduction of experimental plot.....	16
4.1 Natural quality.....	16
4.2 Social economy	17
5 Experimental method.....	18

5.1 Determination of soil infiltration	18
5.1.1 Sample plot	18
5.1.2 Sampling	20
5.1.3 Determination	21
5.2 Denitrification method	21
5.2.1 Sample plot	21
5.2.2 Sampling and determination	22
5.2.3 Calculation method	24
5.3 Mineralization method	24
5.3.1 Sample plot	24
5.3.2 Sampling and determination	25
5.3.3 Calculation method	26
5.4 Determination of soil physicochemical properties.....	26
6 Riparian soil infiltration in precipitation processes	28
6.1 Physicochemical properties of soil and sewage	28
6.1.1 Inorganic nitrogen	28
6.1.2 Available phosphorus.....	29
6.1.3 Water content	29
6.1.4 Content of soil organic matter	29
6.1.5 Soil pH	30
6.1.6 Contaminant concentration in sewage	30
6.2 Hydrological processes in Riparian ecosystem.....	31
6.2.1 Natural rainfall and throughfall	31
6.2.2 N and P concentration in the natural rainfall and throughfall.....	33
6.2.3 Conclusions.....	38
6.3 Soil water infiltration in different profiles and layers	38
6.3.1 Effluent time of percolating water	38
6.3.2 Water balance of riparian ecosystem.....	39
6.3.3 Nitrogen and phosphorus balance of riparian ecosystem	43
6.3.4 Reduction efficiency of riparian ecosystem.....	51
6.3.5 Dominant and feature of bamboo riparian ecosystem	51
6.3.6 Conclusions.....	52

7 Mineralization and denitrification in Riparian ecosystem	53
7.1 Mineralization	53
7.1.1 Physicochemical properties of soil	53
7.1.2 Ammonification, nitrification, net mineralization	54
7.1.3 Comparison among daily mineralization rate nationwide	56
7.1.4 Conclusions.....	57
7.2 Denitrification	58
7.2.1 Denitrification rate	58
7.2.2 Correlation between denitrification rate and factors.....	61
7.2.3 Significance of denitrification.....	62
7.2.4 Conclusions.....	63
8 Meta-Analysis of nitrogen and phosphorus losses from agricultural systems and appropriate width estimation	64
8.1 Meta-analysis of nitrogen and phosphorus losses from agricultural systems	64
8.1.1 Statistical summary of N and P losses	64
8.1.2 Spatial patterns of N and P losses	65
8.1.3 Precipitation influence	66
8.1.4 Influences of inorganic fertilizer.....	67
8.1.5 Temporal change in N and P losses and ratios.....	68
8.1.6 Conclusions.....	69
8.2 Appropriate width estimation.....	69
9 Conclusions.....	71
9.1 General conclusions	71
9.2 Innovation	72
9.3 Inadequate work	72
References	73
Major publications	82
Acknowledgments	83

摘要

进入农业系统的过量氮(N)、磷(P)极易通过地表径流或地下潜流、渗漏及农田排水进入水环境,引发水体富营养化。具有一定群落结构的河岸植被土壤系统内部具有较大的生物生存空间和相互作用区域,其间生物地球化学联合机制,可以减缓径流、捕获泥沙、截断或去除地表径流、壤中流或渗漏水及浅层地下水中的氮磷等元素,有效改善受纳水体的水质。了解河岸植被土壤系统削减污染物和净化水质的机制及其影响因素,有助于加强对河岸带的管理和重建工作,为防治面源污染提供科学依据。

本文采用土壤剖面渗透水分层采集装置,结合不同形态氮磷的分析与土壤氮矿化、反硝化原地培养实验,将河岸植被土壤作为一个系统,了解其内部的主要生物地球化学过程,确定系统对污染物削纳的机制和过程。研究的主要结论如下:

(1) 在观察到的 5 场有效降雨事件中,林冠的平均截留量为 4.72 mm,平均截留率为 20%。林下穿透雨的截留率随降雨量的增加呈现增高趋势。由于林冠的截留和缓冲作用,改变了降雨的时空分布格局,穿透雨的开始时间均晚于自然降雨时间,且雨量峰值有所削弱,从而减少了进入林地的水量。同时,由于雨水的冲刷作用,截留水中的氮、磷含量显著增加。随着降雨持续,自然降雨和穿透雨水中的氮、磷浓度呈现下降趋势。

(2) 在系统土壤剖面的不同层次,研究区内降雨强度较大,且降雨时间较集中时,下层渗透水开始的时间较早。在降雨量较小时,离河道越远的土壤剖面出现下渗水时间相对较早,而位于河岸植被土壤系统中部和出口处的渗透水开始时间较晚。系统对水分的滞留率与降雨量的大小次序表现一致。这说明目前观察到的 5 场小到中等强度降雨条件下,系统水分仍处于未饱和状态,具有较大的水分滞留潜力。

(3) 99%以上的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 和 TP,以及 86%~100%的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 在各次降雨事件中被截留。系统的氮、磷输出仅占总输入的极小部分。在输入的各种形态氮中, $\text{NH}_4\text{-N}$ 的输入量较大,其次为 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、TP。每次降雨过程中输入河岸植被系统的氮、磷绝大部分都被系统削纳。系统内最大的氮、磷输入为自然降水,其次为地表径流输入,壤中流则占很小部分。当穿透雨量小于 30 mm 时,系统中可溶

性氮的主要输出方式为地表径流输出，当穿透雨量达到 30 mm 以上，且降雨时间持续较长时，向地下水渗漏可能成为系统可溶性氮素输出的主要途径。

(4) 竹林河岸系统土壤的氮矿化速率为 $-0.28\sim 0.3\text{ mg N kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$ ，并随土壤含水量增加而增大。毗邻河道的河岸区土壤氮矿化平均作用强度相比河岸入口区与中部区更为强烈。土壤氨化速率为 $-0.43\sim 0.35\text{ mg N kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$ ，硝化速率为 $-0.32\sim 0.61\text{ mg N kg}^{-1}\text{ d}^{-1}$ 。系统的硝化作用较为强烈，其中，硝化作用产生的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 占原地土壤 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的24%~80%，平均为56%。系统内部的反硝化作用强度 $0.03\sim 7.02\text{ mg N m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ ，平均为 $0.8\text{ mg N m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ 。旱季反硝化作用强度较小，但在土壤较湿润时显著加强，反硝化平均强度表现为：河岸出口>河岸入口>河岸中部，呈现出较大的时空差异。硝化和反硝化过程存在较强的耦合过程。较河岸区入口处和中部区而言，毗邻河道的河岸区的矿化和反硝化等生物地球化学过程更为活跃。河岸植被系统中约有10%的 $\text{NO}_3\text{-N}$ ，可以通过反硝化作用彻底转移出系统，因此认为，反硝化作用是去除系统氮素的一个重要过程。

(5) 我国农业氮、磷流失的变化范围分别为 $0.11\sim 90.00\text{ kg hm}^{-2}\text{ a}^{-1}$ 、 $0.01\sim 8.27\text{ kg hm}^{-2}\text{ a}^{-1}$ ，存在较大变异性。流失的N/P主要位于0~20之间。N、P流失特征与空间差异、降雨量、施肥量存在一定关系。自上个世纪90年代至今，磷肥的施用量存在增长趋势，导致流失的N/P显著下降。本研究中宽度为30 m的河岸植被系统，对大部分农业系统的流失的氮磷具有很好的截留和去除效果。

关键词：竹林河岸系统；氮磷削减；氮矿化作用；反硝化作用

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕